

невозможно без разрушения кристаллической решетки  $\beta$ -глинозема. Для ее разрушения необходимо введение в шихту основных оксидов. Наиболее благоприятной добавкой является каустический магнезит в количестве более 25 %. Это обеспечивает не только разрушение кристаллической решетки  $\beta$ -глинозема, но и образование алюмомагнезиальной шпинели.

При обжиге ОПВА с каустическим магнезитом протекают следующие процессы: при температуре 900 °С начинается образование алюмомагнезиальной шпинели; в интервале температур 900-1300 °С отмечается полное удаление хлоридов щелочных металлов; основное количество шпинели образуется в интервале температур 1300-1680 °С; процесс шпинелеобразования заканчивается при 1680 °С.

Процесс шпинелеобразования с предварительно отмытыми от солей ОПВА, как показали исследования, начинается при температуре 1100 °С, а завершается при температуре 1850 °С. Следовательно, наличие хлоридов щелочных металлов в ОПВА оказывает положительное влияние на процесс шпинелеобразования, снижая температуру синтеза алюмомагнезиальной шпинели.

Таким образом, пирометаллургический способ позволяет совместить удаление соединений щелочных металлов с синтезом алюмомагнезиальной шпинели в присутствии добавки каустического магнезита. Проведенные исследования показали, что на основе отходов производства вторичного алюминия и каустического магнезита можно синтезировать алюмомагнезиальную шпинель. Это позволит расширить минерально-сырьевую базу огнеупорной промышленности и улучшить экологическую ситуацию в Уральском регионе.

## **ОБРАБОТКА ХИМИЧЕСКИ ЗАГРЯЗНЕННЫХ СТОЧНЫХ ВОД ПРЕДПРИЯТИЙ ЦВЕТНОЙ МЕТАЛЛУРГИИ**

*Беляев М. А., Царев Н. С.  
УрФУ, nstzar@gmail.com*

Цветная металлургия является одной из наиболее материало- и энерго-емких отраслей промышленности, поэтому проблема ресурсосбережения является весьма актуальной. Сточные воды, образующиеся практически во всех производственных процессах, представляют собой важный вторичный материальный ресурс, использование которого в конечном итоге позволяет сократить расход свежей воды в масштабах металлургических предприятий. Кроме того, сточные воды некоторых технологий содержат ценные примеси, извлечение которых различными способами обогащает номенклатуру выпускаемой предприятиями продукции.

В данной работе нами рассмотрены особенности нейтрализации и очистки химически загрязненных сточных вод процессов получения магния, титана, ниобия и тантала.

При переработке карналлита, лопарита, пирохлора и других минералов осуществляют очистку технологических газов от хлора ( $\text{Cl}_2$ ), хлороводорода ( $\text{HCl}$ ), фосгена ( $\text{COCl}_2$ ), оксида углерода ( $\text{CO}$ ), диоксида углерода ( $\text{CO}_2$ ) и дру-

гих вредных примесей. В результате орошения этих газов в скрубберах водой и суспензией известкового молока образуются два типа производственных сточных вод:

1) Сточные воды, содержащие соляную кислоту, взвешенные вещества, соединения тяжелых металлов – железа, меди, марганца, никеля, хрома, цинка и легких металлов – алюминия, кальция, калия, магния и титана.

2) Сточные воды, содержащие взвешенные вещества, гидроксид, карбоната и хлорид кальция, соединения тяжелых и легких металлов.

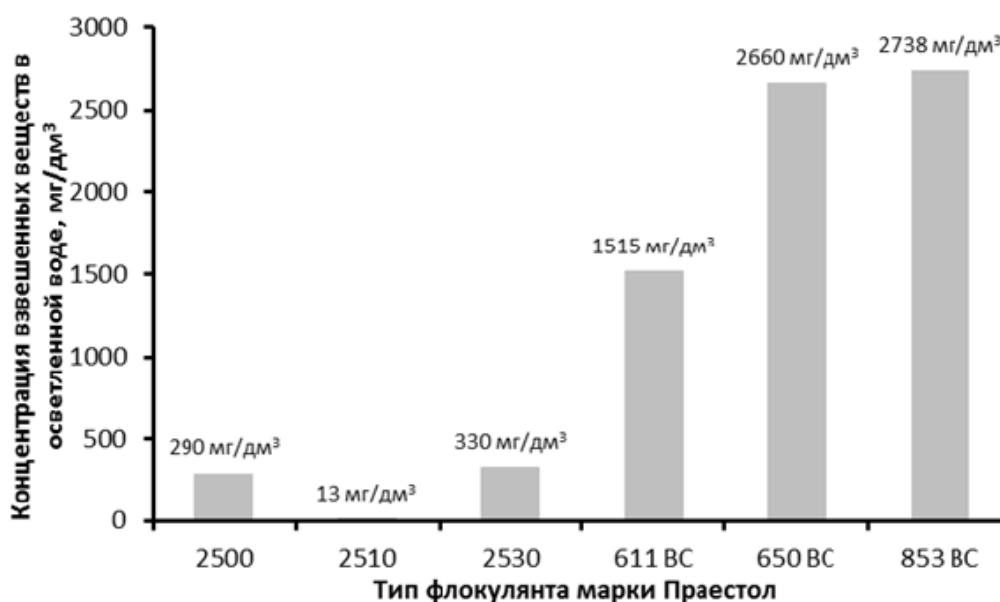
Целью наших исследований стала разработка технологии взаимной нейтрализации данных сточных вод и очистки их от взвешенных веществ. Характеристика рассмотренных производственных сточных вод представлена в таблице.

Характеристика сточных вод газоочистных установок

Источник образования сточных вод	Водная очистка газов вращающихся печей обезвоживания карналлита и электролизеров магния	Известковая очистка газов установок получения соединений титана, ниобия и тантала
Метод предварительного обезвреживания сточных вод	–	Термическое обезвреживание от активного хлора
Водородный показатель, ед. pH	2,63	12,06
Концентрация взвешенных веществ, г/дм <sup>3</sup>	1,6	34,7
Сухой остаток, г/дм <sup>3</sup>	6,5	165,5
Общая кислотность, мг-экв/дм <sup>3</sup>	5,9	–
Содержание активных оксидов кальция и магния, г/дм <sup>3</sup>	–	14,4

Экспериментально установлено, что для получения значений водородного показателя смеси сточных вод в пределах от 9 до 9,5 ед. pH, при которых достигается нейтрализация соляной кислоты и выделение растворенных металлов в осадок, доза вносимых активных оксидов кальция и магния должна быть около 3 г/дм<sup>3</sup>. Это достигается при смешивании рассматриваемых сточных вод водной и известковой газоочисток в соотношении четыре объема к одному.

После взаимной нейтрализации образуется взвесь, состоящая из сульфата и карбоната кальция, гидроксидов металлов и других нерастворимых веществ, содержащихся в сточных водах. В целях интенсификации процесса осаждения частиц и формирования осадка с более крупными хлопьями применена реагентная обработка воды высокомолекулярными флокулянтами марки Праестол. На рисунке представлено сравнение эффективности использования различных флокулянтов этой марки. Доза флокулянтов – 1 мг/дм<sup>3</sup>.



Сравнение эффективности применения флокулянтов Праестол

Выявлено, что после флокуляционной обработки нейтрализованных сточных вод наблюдается стесненное осаждение частиц дисперсной фазы. При этом имеются существенные различия в динамике процесса отстаивания при использовании флокулянтов различной природы. При обработке воды анионным флокулянтом средней силы Праестол 2510 происходит лучшая агрегация частиц дисперсной фазы с образованием более плотного осадка, занимающего меньший объем. По-видимому, при обработке воды наряду с флокуляцией имеет место реакция с противоположно заряженными веществами сточных вод, вследствие чего образуются менее плотные, но более прочные хлопья, сжимающиеся в дальнейшем интенсивнее.

Наши исследования показывают, что производственные сточные воды содержат медь, хром, марганец, железо, титан и другие металлы. После нейтрализации и очистки воды указанные компоненты будут в форме гидроксидов сконцентрированы в осадке, поэтому он может быть утилизирован. Для разработки технологии обработки осадка нами были выполнены предварительные исследования фильтрационных характеристик осадка.

Установлено, что в зависимости от типа флокулянта, использованного для обработки воды, значения удельного массового сопротивления слоя осадка фильтрованию могут изменяться от  $0,7 \cdot 10^{12}$  м/кг до  $4,3 \cdot 10^{12}$  м/кг. Сопоставляя полученные данные со значениями удельного сопротивления хорошо изученных труднофильтруемых осадков, например, природных вод (от  $7 \cdot 10^{12}$  до  $140 \cdot 10^{12}$  м/кг) или хозяйственно-бытовых сточных вод (от  $5 \cdot 10^{12}$  до  $50 \cdot 10^{12}$  м/кг), можно сделать вывод, что рассматриваемые осадки являются среднефильтруемыми. При этом осадки с наибольшим удельным фильтрационным сопротивлением образуются при обработке воды неионным флокулянтом Праестол 2500, с наименьшим – катионным флокулянтами Праестол 611 BC. Несмотря на это, обрабатывать воду катионными флокулянтами Праестол 611 BC, Праестол 650 BC или Праестол 853 BC не рекомендуется, поскольку выделяю-

щиеся осадки имеют значительный объем (более 50 % от объема очищенной воды) и меньшее содержание твердой фазы (15-26 кг/м<sup>3</sup>).

Таким образом, в результате проведенных исследований получены следующие новые результаты:

1) При осаждении нейтрализованных сточных вод газоочисток наблюдается стесненное осаждение твердой фазы. Для интенсификации процесса седиментации эффективно использовать высокомолекулярный анионный полиэлектролит средней силы Праестол 2510.

2) В результате взаимной нейтрализации и флокуляционной обработки реагентом Праестол 2510 рассматриваемых производственных сточных вод образуется гидроксидный осадок в количестве 24,8 % от объема обработанной воды. Содержание твердой фазы в осадке 33,1 кг/м<sup>3</sup>.

На следующих этапах исследований нами будет более полно определен количественный и качественный состав производственных сточных вод и их осадков, уточнены режимы флокуляционной обработки воды и осадков, оценена глубина выделения соединений металлов при нейтрализации сточных вод, а также разработана технология обезвоживания и утилизации осадка.

## **СИНТЕЗ $\text{CaV}_{0,5}\text{Mo}_{0,5}\text{O}_3$ И ЕГО СТАБИЛЬНОСТЬ В КОНТАКТЕ С ПЕРСПЕКТИВНЫМИ ТВЕРДЫМИ ЭЛЕКТРОЛИТАМИ**

*Беляков С.А.  
УрФУ, bca2@mail.ru*

Повышение ресурса работы твердооксидных топливных элементов (ТОТЭ) требует понижение их рабочих температур. Один из вариантов достижения этого – использование твердого электролита на основе галлата лантана (LSGM). Однако, никелькерметный анод, развитый для ТОТЭ на основе электролита YSZ (электролита на основе диоксида циркония), не может быть применен из-за его взаимодействия с LSGM. Поиск новых материалов анодов ТОТЭ с LSGM является актуальной задачей, решению которой и посвящено настоящее исследование. Ванадаты и молибдаты кальция со структурой перовскита проявляют высокую электропроводность [1-3], высокую каталитическую активность [4-5]. Смешанные ванадаты/молибдаты кальция показывают повышенную стабильность перовскитной структуры к изменению парциального давления кислорода [4], что позволило говорить об  $\text{CaV}_{0,5}\text{Mo}_{0,5}\text{O}_3$  как перспективном материале анодов [6-7].

Данная работа посвящена получению и аттестации  $\text{CaV}_{0,5}\text{Mo}_{0,5}\text{O}_3$  со структурой перовскита. Синтез данного соединения был выполнен методом Печини из стехиометрического количества следующих реагентов:  $\text{CaCO}_3$ ,  $\text{NH}_4\text{VO}_3$  и  $(\text{NH}_4)_6\text{Mo}_7\text{O}_{24} \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ . Реагенты растворяли в муравьиной кислоте. Полученный раствор упаривался, а затем сушился при 120 °С в течение суток. Затем проводился отжиг порошка постепенно от 200 до 600 °С, с шагом 100 °С в час. Следующими стадиями был ступенчатый отжиг приготовленной из порошка таблетки при 900 °С, 1100 °С и 1150 °С в восстановительной атмосфере с водоро-